

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-064010

(43)Date of publication of application : 28.02.2002

(51)Int.Cl.

H01F 1/08  
B22F 3/00  
B22F 3/02  
B22F 3/10  
B22F 3/24  
C21D 6/00  
C22C 1/04  
C22C 1/10  
C22C 33/02  
H01F 41/02  
// C22C 38/00

(21)Application number : 2000-250597

(71)Applicant : SHIN ETSU CHEM CO LTD

(22)Date of filing : 22.08.2000

(72)Inventor : ITO TAKU  
MINOWA TAKEHISA

## (54) HIGH-RESISTIVITY RARE EARTH MAGNET AND ITS MANUFACTURING METHOD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a sintered magnet which has a high coercive force, is high enough in resistivity to restrain generation of an eddy current even if it is used for a motor where it is exposed to a fluctuating magnetic field, and manufactured at a low cost.

SOLUTION: This high resistivity rare earth magnet is formed of material that contains one or more rare earth oxides R' mOn (wherein, R' is one or more rare earth elements including Y; (m) and (n) are 1, 2 or 2, 3 when R' is Ce, 2, 3 or 6, 11 when R' is Pr, 2, 3 or 4, 7 when R' is Tb, and 2, 3 when R' is other rare earth elements) and/or rare earth element R'' (R'' is one or more earth elements, including Y), a B composite oxide, and the residue which is R-T-B alloy (wherein, R is one or more rare earth elements including Y; T is Fe and/or Co) and/or R-T-M-B alloy (wherein, R is one or more earth elements including Y; T is Fe and/or Co; M is one or more elements selected out of Al, Si, Ti, V, Cr, Cu, Zr, Nb, Mo, Ta, W, Ga, and Sn).

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

31/31(2)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-64010

(P2002-64010A)

(43) 公開日 平成14年2月28日 (2002.2.28)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-コ-ト <sup>7</sup> (参考)
H 0 1 F 1/08		H 0 1 F 1/08	B 4 K 0 1 8
B 2 2 F 3/00		B 2 2 F 3/00	F 4 K 0 2 0
3/02		3/02	R 5 E 0 4 0
			P 5 E 0 6 2
3/10	1 0 1	3/10	1 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-250597(P2000-250597)

(22) 出願日 平成12年8月22日 (2000.8.22)

(71) 出願人 000002060

信越化学工業株式会社

東京都千代田区大手町二丁目6番1号

(72) 発明者 伊藤 卓

福井県武生市北府2-1-5 信越化学工業株式会社磁性材料研究所内

(72) 発明者 美濃輪 武久

福井県武生市北府2-1-5 信越化学工業株式会社磁性材料研究所内

(74) 代理人 100079304

弁理士 小島 隆司 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高比電気抵抗性希土類磁石及びその製造方法

(57) 【要約】

【解決手段】 1種以上の希土類酸化物R' mOn

(R' はYを含む希土類元素の1種以上で、m、nは、それぞれCeの場合1、2又は2、3、Prの場合2、3又は6、11、Tbの場合2、3又は4、7、その他は全て2、3である) 及び/又は希土類元素R' '、

(R' ' はYを含む希土類元素の1種以上) とBとの複合酸化物を含み、残部がR-T-B合金 (RはYを含む希土類元素の1種以上、TはFe及び/又はCo) 及び/又はR-T-M-B合金 (RはYを含む希土類元素の1種以上、TはFe及び/又はCo、MはAl、Si、Ti、V、Cr、Cu、Zr、Nb、Mo、Ta、W、Ga、Snのいずれかより選ばれた1又は2以上の元素) であることを特徴とする高比電気抵抗性希土類磁石。

【効果】 本発明によれば、高い保磁力及びモータ等変動する磁界にさらされるような使用条件でも渦電流の発生が抑えられる大きな比電気抵抗を持つ焼結磁石を、低コストで製造できる。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1 種以上の希土類酸化物  $R' m O n$

( $R'$  は Y を含む希土類元素の 1 種以上で、 $m$ ,  $n$  は、それぞれ Ce の場合 1, 2 又は 2, 3、Pr の場合 2, 3 又は 6, 11、Tb の場合 2, 3 又は 4, 7、その他は全て 2, 3 である) 及び/又は希土類元素  $R''$

( $R''$  は Y を含む希土類元素の 1 種以上) と B との複合酸化物を含み、残部が R-T-B 合金 (R は Y を含む希土類元素の 1 種以上、T は Fe 及び/又は Co) 及び/又は R-T-M-B 合金 (R は Y を含む希土類元素の 1 種以上、T は Fe 及び/又は Co、M は Al, Si, Ti, V, Cr, Cu, Zr, Nb, Mo, Ta, W, Ga, Sn のいずれかより選ばれた 1 又は 2 以上の元素) であることを特徴とする高比電気抵抗性希土類磁石。

【請求項 2】 R-T-B 及び/又は R-T-M-B 合金が、 $Nd_2Fe_{14}B$  型の結晶構造を持つ相を有することを特徴とする請求項 1 記載の高比電気抵抗性希土類磁石。

【請求項 3】 希土類酸化物  $R' m O n$  及び/又は  $R''$  と B との複合酸化物の含有量が 0.0005~40 重量%である請求項 1 又は 2 記載の高比電気抵抗性希土類磁石。

【請求項 4】 R-T-B 合金 (R は Y を含む希土類元素の 1 種以上、T は Fe 及び/又は Co) 及び/又は R-T-M-B 合金 (R は Y を含む希土類元素の 1 種以上、T は Fe 及び/又は Co、M は Al, Si, Ti, V, Cr, Cu, Zr, Nb, Mo, Ta, W, Ga, Sn のいずれかより選ばれた 1 又は 2 以上の元素) のインゴット合金又は急冷薄帯を粉砕する工程において、 $B_2O_3$  粉末を混合、粉砕し、磁場中配向成形後、焼結することを特徴とする高比電気抵抗性希土類磁石の製造方法。

【請求項 5】 R-T-B 合金が、R が 8~40 原子%、B が 0.1~10 原子%、残部が T である請求項 4 記載の高比電気抵抗性希土類磁石の製造方法。

【請求項 6】  $B_2O_3$  粉末の混合量を 0.0001~15 重量%とする請求項 4 又は 5 記載の高比電気抵抗性希土類磁石の製造方法。

【請求項 7】  $B_2O_3$  粉末の平均粒径が  $0.1 \mu m \sim 5 mm$  であることを特徴とする請求項 4 乃至 6 のいずれか 1 項記載の高比電気抵抗性希土類磁石の製造方法。

【請求項 8】 請求項 4 乃至 7 のいずれか 1 項記載の方法により製造した高比電気抵抗性希土類磁石を熱処理することを特徴とする高比電気抵抗性希土類磁石の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、特に、回転機器、電子部品、電気機器の産業分野で有用な、高比電気抵抗

性希土類磁石及びその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】R (R は Y を含む希土類元素の 1 種以上、以下同じ)、Fe、Co、B からなる永久磁石、特に R として Nd を主成分とする希土類磁石は、その磁気特性の高さから電子・電気機器産業の分野において、広く利用されている。

【0003】例えば、永久磁石式回転機器には、従来安価なフェライト磁石が主に使用されてきた。しかし近年、回転機器の更なる小型化、効率化の要求に対して、高価ではあるが磁気特性の高い希土類磁石が使用されるようになった。一般に市販されている希土類磁石のうち、Sm-Co 系磁石はキュリー温度が高いため、磁気特性の温度変化が小さい。また耐食性も高く、表面処理を必要としない。しかし、原料として Co を使用しているため、非常に高価である。一方、Nd-Fe-B 系磁石は永久磁石の中で飽和磁化が最も高く、また原料で Co を使用しないので安価である。しかし、キュリー温度が低いため、磁気特性の温度変化が大きく、耐熱性に劣る。同時に耐食性も劣っているため、用途によっては適当な表面処理を必要とする。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】希土類磁石は金属であるので、比電気抵抗は酸化物であるフェライトの比電気抵抗の 100 分の 1 程度の  $100 \sim 200 \mu \Omega cm$  程度と小さい。従って、モータなど回転機器でこの希土類磁石が変動する磁界にさらされながら使用される場合、電磁誘導により発生した渦電流が大量に流れ、その電流によるジュール熱により永久磁石が発熱する。永久磁石の温度が高くなると、特に Nd-Fe-B 系磁石は磁気特性の温度変化が大きいため、磁気特性が低下し、その結果モータの効率も落ちる。

【0005】この対策の一つとして、磁石の保磁力を大きくすることが挙げられる。磁石の保磁力を大きくすることにより、磁石の耐熱性が増し、不可逆減磁を起こしにくくなる。特に Nd-Fe-B 系磁石はそのキュリー温度の低さから磁気特性の温度変化が大きく、その保磁力を高める様々な試みがなされてきた。

【0006】その保磁力を高めるのに最も効果が現れた方法は、その主相となる  $R_2(Fe, Co)_{14}B$  相の R の一部を Dy や Tb とした重希土類に置換し、結晶磁気異方性を高めるやり方であった。しかしこの方法では磁石の飽和磁化は小さくなり、また重希土類は非常に高価であるため磁石のコストがあがる。

【0007】渦電流を抑えるための方法に、永久磁石を小分割して絶縁する方法がある。この方法は、磁石の分割数に反比例して発熱量を小さくする効果があるが、磁石加工のコストを上げてしまう。

【0008】そこで、渦電流に対する抜本的な対策として、希土類磁石そのものの比電気抵抗を大きくしようと

する試みがなされている。

【0009】樹脂バインダを使用したNd-Fe-B系希土類ボンド磁石の比電気抵抗は、Nd-Fe-B系焼結磁石と比較して100倍程度高いが、冷凍機などコンプレッサ用モータに使用した場合、冷媒として用いる代替フロンと樹脂バインダが反応してしまい、耐溶媒性に問題がある。また、特開平5-121220号公報には、ボンド磁石粉をゾル・ゲル法等によりセラミックスバインダでコートし、その後に成形金型中で直接圧縮通電して、フル密度磁石を得る方法が提案されている。この方法は、磁石を硬化する際にセラミックスバインダのガラス転移温度（約500℃）以上の加熱を必要とするためにバインダとの反応等による磁粉の劣化が進行し、実用に供し得るに十分な磁気特性と高い比電気抵抗を両立させることは困難である。特開平10-321427号公報には、ボンド磁石粉を液状無機バインダを用いてより低温で結着する方法が提案されているが、実用十分な磁気特性と高比電気抵抗を具備することが困難である。特開平9-186010号及び特開平10-163055号公報には、希土類磁石粉末を絶縁物で希土類磁石と反応しないアルカリ金属又はアルカリ土類金属のフッ化物及び／又は酸化物と混合したのち密度化して、高比電気抵抗磁石を得る方法が提案されている。この方法では高い比電気抵抗を得るためには相当量の絶縁物を添加せねばならず、希土類磁石相の体積が大きく減少し、磁化が低下するため、実用十分な磁気特性と高い比電気抵抗の両立が難しい。特開平11-329809号公報では、磁化方向に電気抵抗率の高い層を積層し、表皮効果により渦電流の流れる部分の比電気抵抗だけを上げてジュール熱による発熱を抑えようという方法が提案されている。これは外部磁界の変動方向と磁石の磁化方向が平行な場合は有効だが、実際のモータのようにその方向が絶えずずれるような場合有効ではない。

【0010】従って、本発明は高い比電気抵抗と十分な磁気特性を共に備えた高比電気抵抗性希土類磁石及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段及び発明の実施の形態】本発明者らは、高い比電気抵抗と十分な磁気特性を併せ持つような希土類元素・鉄・ボロン系焼結磁石を得るために様々な方法を考察、検討した。その結果、R-T-B合金[RはYを含む希土類元素の1種以上（以下同じ）、TはFe及び／又はCo（以下同じ）]及び／又はR-T-M-B合金[MはAl, Si, Ti, V, Cr, Cu, Zr, Nb, Mo, Ta, W, Ga, Snのいずれかより選ばれた1又は2以上の元素（以下同じ）]のインゴット合金又は急冷薄帯を粉砕する工程において、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末を混合、粉砕し、磁場中配向成形後、焼結することにより、1種以上の希土類酸化物R'  
mOn [R'はYを含む希土類元素の1種以上で、m、

nは、それぞれCeの場合1, 2又は2, 3、Prの場合2, 3又は6, 11、Tbの場合2, 3又は4, 7、その他は全て2, 3である（以下同じ）]及び／又は希土類元素R' [R'はYを含む希土類元素の1種以上（以下同じ）]とBとの複合酸化物を含み、残部がR-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金である高比電気抵抗性希土類磁石が得られることを見出し、更に諸条件を確認して本発明を完成した。

【0012】即ち、本発明は、（1）1種以上の希土類酸化物R'  
mOn及び／又は希土類元素R' とBとの複合酸化物を含み、残部がR-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金であることを特徴とする高比電気抵抗性希土類磁石、及び、（2）R-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金のインゴット合金又は急冷薄帯を粉砕する工程において、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末を混合、粉砕し、磁場中配向成形後、焼結することを中心とする高比電気抵抗性希土類磁石の製造方法を提供する。

【0013】以下、本発明を詳細に説明する。本発明によれば、

①R-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金のインゴット合金又は急冷薄帯を粉砕する工程において、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末を混合、粉砕し、磁場中配向成形後、焼結する  
②必要により、得られた合金を熱処理することにより、1種以上の希土類酸化物R'  
mOn及び／又は希土類元素R' とBとの複合酸化物を含み、残部がR-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金であることを特徴とする高比電気抵抗性希土類磁石を得ることができる。

【0014】ここで、RはYを含む希土類元素の1種以上であり、具体的にはY, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luから選ばれる。TはFe及び／又はCo、MはAl, Si, Ti, V, Cr, Cu, Zr, Nb, Mo, Ta, W, Ga, Snより選ばれる。

【0015】R'はYを含む希土類元素の1種以上であり、具体的にはY, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luから選ばれる。この場合、m, nは、それぞれCeの場合1, 2又は2, 3、Prの場合2, 3又は6, 11、Tbの場合2, 3又は4, 7であり、その他の元素の場合はいずれも2, 3である。R'はYを含む希土類元素の1種以上であり、具体的にはY, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luから選ばれる。

【0016】本発明においては、上記のようにR-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金の粉砕時にB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末を混合、粉砕し、これを磁場中配向成形後、焼結するものであるが、この際、混合したB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末が焼結処理中に、

①450℃付近でB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が溶ける、

②R-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金粉末を  
一様に濡らし包み込む、

③液体となった $B_2O_3$ がR-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金粉末と反応し還元されて、希土類酸化物 $R'mOn$ 及び／又は希土類元素 $R''$ とBの複合酸化物となる、

④全ての還元反応が終了した段階で、希土類酸化物 $R'mOn$ 、希土類元素 $R''$ とBの複合酸化物はそのまま磁石中に分散状態で残る、

⑤残ったR-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金粉末、及びその合金と還元されて生じたBの合金で液相焼結が起こる

という過程を経ることによって、絶縁体である希土類酸化物 $R'mOn$ 及び／又は希土類元素 $R''$ とBの複合酸化物が、磁性相であるR-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金組成物中に均一に分散している高比電気抵抗性希土類磁石が得られる。

【0017】以下に、この磁石の製造方法を詳述する。最初にR-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金組成物の粉末を作製する。この合金組成物の粉末は、例えば溶解、鋳造したインゴット合金を粉砕してもよいし、酸化物等から直接還元拡散法を用いて作製してもよい。溶解したものをストリップキャスティング法を用いて急冷した急冷薄帯を粉砕したものでもよい。また、得られた合金を水素化、脱水素化することによって粉砕したものでもよい。更に、二合金法を用いて、主相の $R_2(Fe, Co)$  14B相を主に含む主相合金粉末と、希土類リッチ相を含む助剤合金粉末を別々に前記のように作製して、混合したものでもよい。

【0018】このR-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金粉末中のRは、Yを含む希土類元素の1種以上で、主成分としてPr, Ndを用いることが好ましい。また、R量全体の0～20重量%をDy, Tbで置換することは保磁力の向上に効果がある。入手上の便宜などの理由からRとして2種以上の混合物（ミッシュメタル、ジズム等）を用いてもよい。なお、Rは純希土類元素でなくてもよく、工業上入手可能な範囲で製造上不可避な不純物を含有するものでも差し支えない。Rは8～40原子%を占めることが望ましい。Rがこの範囲より少ないと還元に使われるRが不足し、合金中に粗大な $\alpha-Fe$ が析出することにより保磁力を低下させるおそれがある。また、Rがこの範囲より多いと強磁性相である主相の $R_2(Fe, Co)$  14B相の存在比が少なくなり、残留磁化を低下させるおそれがある。

【0019】R-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金粉末中のTは、Fe及び／又はCoであるが、合金中の50～80原子%が好ましい。Tがこの範囲より少ないと、強磁性相である主相の $R_2(Fe, Co)$  14B相の存在比が少なくなり、残留磁化が低下するおそれがある。一方、Tがこの範囲より多いと、合金中に粗大な

$\alpha-Fe$ が析出することにより保磁力が低下するおそれがある。

【0020】R-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金粉末中のBは0.1～10原子%が好ましい。前記範囲外では、強磁性相である主相の $R_2(Fe, Co)$  14B相の存在比が少なくなり、残留磁化を低下させるおそれがある。

【0021】R-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金粉末中のR, T, Bの組成は、上記範囲内で、必要とされる保磁力及び残留磁化に応じて、決めればよい。

【0022】R-T-M-B合金粉末中のMは、Al, Si, Ti, V, Cr, Cu, Zr, Nb, Mo, Ta, W, Ga, Snのいずれかより選ばれた1又は2以上の元素である。これらの元素は、保磁力を増加させる効果があるが、残留磁化を低下させる。必要とされる保磁力及び残留磁化に応じて、その配合量を決めればよい。

【0023】本発明においては、上記R-T-B合金及び／又はR-T-M-B合金粉末を $B_2O_3$ 粉末と混合する。 $B_2O_3$ 粉末の混合量は、0.0001～15重量%、更に好ましくは0.01～10重量%とすることが好ましい。 $B_2O_3$ 粉末の混合量が少なすぎると、還元されて生じる絶縁体の希土類酸化物 $R'mOn$ 及び／又は希土類元素 $R''$ とBの複合酸化物の量が少なくなって、十分に焼結後の磁石の比電気抵抗を上げることができない場合がある。逆に $B_2O_3$ 粉末の混合量が多すぎると、強磁性相である主相の $R_2(Fe, Co)$  14B相の存在比が少なくなり、実用上十分な磁気特性が出ない場合がある。 $B_2O_3$ 粉末の混合量は、焼結磁石に必要とされる比電気抵抗と磁気特性との兼ね合いで決めればよい。

【0024】 $B_2O_3$ 粉末の平均粒径は0.1 $\mu m$ ～5mmが好ましい。粒径が0.1 $\mu m$ 未満では、酸化物粉末は凝集してしまつて、粒径の大きな酸化物粉末を使用した場合と同じ結果になる。一方、5mmを超える粒径の $B_2O_3$ 粉末を使用すると、混合時に希土類合金粉末と十分に分散した状態で混合できないおそれがある。

【0025】 $B_2O_3$ 粉末を前記のような合金組成物粉末に混合後微粉砕し、次に磁場中成形するが、磁場中配向成形の条件は、磁場5～20kOe、成形圧力300～2000kgf/cm<sup>2</sup>が好ましい。

【0026】次いで磁場中配向成形した圧粉体を焼結する。焼結条件は、N<sub>2</sub>、Ar等の不活性雰囲気中又は真空中で、焼結温度は1000～1200℃がよい。焼結温度が1000℃より低いと、焼結体の密度が十分上がらず、同時に保磁力も上がらない場合がある。焼結温度が1200℃より高くなると、 $R_2(Fe, Co)$  14B相の融点を越えるため、大きく粒成長し保磁力が下がるおそれがある。

【0027】焼結後、更に磁気特性を向上させるために

熱処理を行うとよい。この熱処理は、一般に、温度 400～800℃、時間 0.5～10 時間で昇温、保持、降温というパターンで行うが、必要に応じてこれを繰り返したり、段階又は連続的に温度を変化させるパターンでもよい。

【0028】本発明の焼結磁石には、原料合金の R-T-B 合金及び／又は R-T-M-B 合金の B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉末への還元反応により生じた、1 種以上の希土類酸化物 R'<sup>m</sup>O<sub>n</sub> 及び／又は希土類元素 R' と B との複合酸化物が含まれていて、これが磁石中に一様に分散していることにより、比電気抵抗を上げている。

【0029】上記のようにして得られた本発明の希土類磁石は、1 種以上の希土類酸化物 R'<sup>m</sup>O<sub>n</sub> (R' は Y を含む希土類元素の 1 種以上で、m, n は、それぞれ Ce の場合 1, 2 又は 2, 3、Pr の場合 2, 3 又は 6, 11、Tb の場合 2, 3 又は 4, 7、その他は全て 2, 3 である) 及び／又は希土類元素 R' (R' は Y を含む希土類元素の 1 種以上) と B との複合酸化物を含み、残部が R-T-B 合金 (R は Y を含む希土類元素の 1 種以上、T は Fe 及び／又は Co) 及び／又は R-T-M-B 合金 (R は Y を含む希土類元素の 1 種以上、T は Fe 及び／又は Co、M は Al, Si, Ti, V, Cr, Cu, Zr, Nb, Mo, Ta, W, Ga, Sn のいずれかより選ばれた 1 又は 2 以上の元素) であることを特徴とする高比電気抵抗性希土類磁石であり、上記 R-T-B 合金及び／又は R-T-M-B 合金が、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B 型 (R<sub>2</sub>(Fe, Co)<sub>14</sub>B) の結晶構造を持つ相を有するものであり、具体的に合金中における R が 8～20 原子%、B が 2～25 原子%、T 又は T+M が残部であることが好ましい。

【0030】更に希土類酸化物 R'<sup>m</sup>O<sub>n</sub> 及び／又は希土類元素 R' と B との複合酸化物の含有量は、合計で 0.0005～40 重量%、より好ましくは 0.5～30 重量%となるようにするのが好ましい。酸化物の量が 0.0005 重量%未満では、量が少なすぎて比電気抵抗を上げる効果を示さない場合があり、40 重量%を超えると、焼結磁石の磁気特性、特に飽和磁化を落とすおそれがある。希土類酸化物 R'<sup>m</sup>O<sub>n</sub> の含有量は、焼結

磁石に必要なとされる比電気抵抗と磁気特性との兼ね合いで決めればよい。

【0031】

【実施例】以下、実施例及び比較例を示し、本発明を具体的に説明するが、本発明は下記の実施例に制限されるものではない。

【0032】[実施例 1～15] 表 1 に記載の組成となるように金属原料を溶解し、合金インゴットを得た。この合金インゴットを粗粉碎した粉末に、平均粒径約 0.5mm の B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉末を全体で表 2 に記載の重量%になるように様々な割合で混合し、この粉末をジェットミルを用いて微粉碎した。得られた粉末を磁場中配向成形後、Ar 雰囲気中で 1100℃ で 2 時間焼結して、焼結磁石を作製した。

【0033】表 3 に得られた焼結磁石の磁気特性、酸化物の含有量、及び四端子法にて測定した比電気抵抗を記す。表 3 に示されているように、希土類酸化物の添加量の増加により、残留磁束密度は低下するが比電気抵抗が増加する。

【0034】また、得られた焼結磁石について EPMA を用い、特性 X 線分布像を観測した結果、R-T-B 合金、R-T-M-B 合金、希土類酸化物 R'<sup>m</sup>O<sub>n</sub>、希土類元素 R' と B との複合酸化物の存在が確認され、粉末 X 線回折では R-T-B/R-T-M-B の Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B 型の結晶構造を持つ相が確認された。

【0035】[比較例 1, 2] 表 1 に記載の組成となるように金属原料を溶解し、合金インゴットを得た。B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉末を加えないこと以外は、実施例 1 と同様に操作して、焼結磁石を作製した。表 3 に、この焼結磁石の磁気特性、比電気抵抗を記す。

【0036】また、得られた焼結磁石について EPMA を用い、特性 X 線分布像を観測した結果、R-T-B 合金、R-T-M-B 合金の存在のみが確認され、粉末 X 線回折では R-T-B/R-T-M-B の Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B 型の結晶構造を持つ相が確認された。

【0037】

【表 1】

		Nd	Dy	Tb	Fe	Co	B	Al	Cu	Zr	V	Cr	Si	Ti	Nb	Mo	Ta	W	Ga	Sn
実施例	1	16	-	-	75	2	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	18.5	-	-	73.5	2	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	22	-	-	73.5	1.5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	30	-	-	67	1.5	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	16.5	1	1	71.5	2	6	0.5	0.5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	16.5	1	1	71.5	2	6	0.5	0.5	0.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7	16.5	1	1	72	2	6	0.5	0.2	0.3	0.3	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	16.5	1	1	72	2	6	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	-	-	-	-	-
	9	16.5	1	1	72	2	6	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	-	-	-	-	-
	10	16.5	1	1	71.5	2	6	0.5	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	-	-	-	-	-
	11	16.5	1	1	71.5	2	6	0.5	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	-	-	-	-
	12	16.5	1	1	71	2	6	0.5	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	-
	13	16.5	1	1	71	2	6	0.5	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	-	-
	14	16.5	1	1	71	2	6	0.5	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	-
	15	16.5	1	1	71	2	6	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
比較例	1	15	-	-	75	2	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	13	1	1	72.5	2	8	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1

単位は原子%

【0038】

【表2】

【0039】

【表3】

		B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 混合量 [重量%]
実施例	1	0.5
	2	1.5
	3	3
	4	6
	5	1.5
	6	1.5
	7	1.5
	8	1.5
	9	1.5
	10	1.5
	11	1.5
	12	1.5
	13	1.5
	14	1.5
	15	1.5
比較例	1	-
	2	-

20

30

11

12

		酸化物含有量 [重量%]	保磁力 [kOe]	残留磁化 [kG]	比電気抵抗 [Ωcm]
実施例	1	3.2	13.8	11.0	$3.9 \times 10^{-4}$
	2	6.6	10.6	10.5	$8.3 \times 10^{-4}$
	3	13.5	7.8	9.5	$1.8 \times 10^{-3}$
	4	27.8	4.0	8.0	$7.4 \times 10^{-3}$
	5	6.7	12.5	10.0	$8.7 \times 10^{-4}$
	6	6.6	12.3	9.9	$8.6 \times 10^{-4}$
	7	6.6	12.3	9.7	$8.4 \times 10^{-4}$
	8	6.5	12.2	9.6	$8.5 \times 10^{-4}$
	9	6.8	12.0	9.5	$8.4 \times 10^{-4}$
	10	6.6	12.1	9.5	$8.7 \times 10^{-4}$
	11	6.8	12.4	9.4	$8.6 \times 10^{-4}$
	12	6.5	12.3	9.3	$8.5 \times 10^{-4}$
	13	6.6	12.3	9.3	$8.6 \times 10^{-4}$
	14	6.7	12.2	9.2	$8.4 \times 10^{-4}$
	15	6.6	12.4	9.2	$8.5 \times 10^{-4}$
比較例	1	—	13.5	12.0	$1.8 \times 10^{-4}$
	2	—	15.6	11.7	$1.9 \times 10^{-4}$

【0040】

【発明の効果】本発明によれば、高い保磁力及びモータ  
等変動する磁界にさらされるような使用条件でも渦電流 20

の発生が抑えられる大きな比電気抵抗を持つ焼結磁石  
を、低コストで製造できる。

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

ターム(参考)

B 2 2 F 3/24

B 2 2 F 3/24

B

C 2 1 D 6/00

C 2 1 D 6/00

C

C 2 2 C 1/04

C 2 2 C 1/04

B

1/10

1/10

L

33/02

33/02

N

H 0 1 F 41/02

H 0 1 F 41/02

K

// C 2 2 C 38/00

C 2 2 C 38/00

H

3 0 3

3 0 3 D

G

Fターム(参考) 4K018 AA11 AA27 AB01 AC01 BA05

BA11 BA18 BB04 CA04 DA14

FA09 KA45

4K020 AA22 AC06 AC07 AC09 BB30

BC02

5E040 AA04 AA19 BD01 CA01 HB03

HB06 HB07 HB11 NN01

5E062 CD04 CE01 CE04 CE05 CF01

CG01 CG02

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**